

下総台地西部の地盤環境

近 藤 精 造

はじめに

房総半島の北部に広がる下総台地は、関東平野の台地を構成する下末吉台地、相模原台地、武蔵野台地、大宮台地、常陸台地とともに最終間氷期の海成層などから構成され、これら地層を風成の関東ローム層がおおっている。

この論文では下総台地の西部を対象として、その地質構造につき考察し地盤の性質との関連、基盤を含めた地塊の変動などを問題としたい。

なお、本論文作成にあたって資料提供、有益な御示唆をいただいた千葉県水質保全研究所地盤環境研究室の楡井久氏に謝意を表します。

1. 下総台地の地形

地形の傾きが栗橋付近に向いているという関東平野の全体的傾向にしたがって、下総台地においても、地形の全般的傾斜は北西方向に低くなっている。海拔高度は西部地域で、20～30m 東部から南部において40～50mに達している。

ここで対象とした下総台地西部地域においては、東京湾、印旛沼、手賀沼、利根川沿いの低地に向けた谷によって解析されている。

(1) 鎌ヶ谷―四街道地域

東京湾側と印旛沼側の分水嶺は鎌ヶ谷から四街道に向けて延び、対象地

域の最高の地形となっており、分水嶺を境とし刻まれた谷は南側は東京湾低地、北側は印旛沼低地にのぞんでおり、それぞれ、南下する谷は北下する谷より急傾斜となっている。

(2) 柏一沼南地域

この地域の台地を刻む谷は西側は江戸川低地に、東、北側は手賀沼低地へ続いており、特に、この谷は鎌ヶ谷付近から北流し長い流域をもっている。

(3) 印旛地域

印旛沼と手賀沼、利根川との間の白井町、印西町、印旛村に属する地域であり、大部分が25m程度の標高となっている。

2. 下総台地の地質構造と地盤の性質

第1図の地質略図に示すように、台地地域は一般に表層の数mをなす関東ローム層と、その下位にくる下総層群から構成されており、第2図に示すような地質柱状図がボーリング結果から得られている。下総層群はこの地域で300～400mの厚さをもち、その下部に上総層群が1000m以上の厚さをもって続いており、これらの層序を第1表に示した。

(1) 沖積層

第1図に示すように、沖積層は海岸低地と台地を切る谷地域に分布している。また、稲毛一黒砂の海岸沿いの台地上には風で吹き上がった砂が関東ローム層の上のにり沖積層となっている。

台地の表面には二次ローム層、腐食による表土、畑地など人為的に手の加えられた表土など沖積層が存在するが、第1図においては除いてある。

(2) 関東ローム層

台地の表層は3～5mの淡褐色の関東ローム層からなり、立川ローム層、武蔵野ローム層で構成されている。その主体は富士火山を起源とし、偏西



第1図 地質略図と地点

第1表 層序区分

地 層 名				
関 東 ロ ー ム 層				
常 総 層				
下 総 層 群	木 上 清 藪 地	下 岩 川 藏	橋 堂	層
				層
				層
				層
上 総 層 群	笠 長 柿 国 梅 大 黄 大 浪 勝 黒	森 南 木 本 ケ 田 和 原 花 浦 滝	台 瀬 代 田	層
				層
				層
				層
				層
				層
				層
				層
				層
				層

風によって運ばれた風成火山灰の風化層である。構成物質はアロフェーン、ハロイサイトなど粘土鉱物に変質した塩基性火山岩石片と、風化作用に対する残留鉱物からなっており、残留鉱物には無色鉱物の斜長石と有色鉱物のカンラン石、シソ輝石が多く鉄鉱物、フツウ輝石などが含まれ、富士火山起源の特徴を表している。

武蔵野ローム層の下底近くに、鍵層となる火砕層として黄褐色の特徴的な5～10cmの軽石層が存在し、東京軽石層（TP）と呼ばれ、鉱物組成と分布状況から箱根火山起源とされており、年代測定により5万

年前の堆積とされている。また、立川ローム層の暗色帯の下位に始良火山灰（AT）と呼ばれる火山ガラスを含んだ鍵層がある。

地盤強度を示す標準貫入試験（N値）で5～20程度と沖積層より強く、載荷試験でも約15トン/m²の地耐力がある。

(3) 常総層

関東ローム層と下総層群の間にくる数mの地層であり、粘土質層と砂質層とからなっている。この砂質層は龍ヶ崎砂層と呼ばれ、下総台地で1～5mの厚さをもち、印西から流山にかけ厚くなっている。常総層は粒度組成において分級が悪く、木下層堆積後の氾濫原の淡水成堆積物の特徴をもっている。この層の粘土層には多分に火山起源の物質を含み水成ローム層であって、御岳第一浮石（Pm-1）、吉沢ローム中部層第一軽石

(KmP-1) など相当層となっており、それぞれ年代測定によって約8万年前、約10万年前とされている。また構成物質として、チャートなど水成源の岩石片が多く含まれ、無色鉱物では石英、長石、有色鉱物では比較的角閃石が多く含まれている。

地盤強度を表すN値は粘土層で10内外と小さいが、砂層では20以上の値をもっている。

(4) 下総層群

下総台地を構成する地層の主体は、関東ローム層の下にくる下総層群であって、この地域では上部より木下層、上岩橋層が台地縁辺の露頭で観察されている。さらに下部の清川層、藪層、地蔵堂層が続くことがボーリング結果から推定される。その下位にくる上総層群との境界については研究者によって意見が分かれている。

第2図の柱状図で表されている部分はいずれも下総層群であって、地域による岩相変化があり一概にはいえないが、常総層の下に、地表から10～30m付近までの木下層、さらに70m付近までの上岩橋層、清川層がきており、70m付近からは藪層、地蔵堂層が続いている。これら地層は古東京湾の海成堆積物であって、環境変化にともない岩相、化石種などそれぞれの地層毎の相違がみられている。

木下層は上部の含貝化石の中粒砂層と下部の泥質層からなり、厚さ10m内外となっている。特に模式地である印西町木下付近では貝化石を含む露頭が多くみられる。

上岩橋層は模式地を酒々井町上岩橋とし、厚さ約30mで木下層の下位にきて、下総台地に広く分布している。上部の細粒～中粒砂層と下部の泥層からなっている。

清川層は下総台地においては、印旛沼に近い台地の露頭の最下部でみられており、上部砂層と下部泥層からなっている。



第 2 図 地質柱状図

下総層群地層の粒度組成は海成環境により、砂層も泥層も比較的分級がよく粒度が揃った傾向を示している。鉱物組成については無色鉱物で砂層、泥層において石英、長石が多く、有色鉱物は木下層、上岩橋層がシソ輝石、藪層、地藏堂層が黒雲母の比較的多い特徴をもっている。なお単一鉱物のほかに、岩石片が多く含まれチャート、砂岩、粘板岩など堆積岩源が多いが、地層中に挟まれる火山碎屑層においては火山ガラス、火山岩片が含まれている。

粘土層にあっては火山灰の風化層の場合、それぞれの火山に特徴的な火山ガラス、構成鉱物が含まれ、斜長石、シソ輝石、フツウ輝石、角セン石とその含有比率に違いがみられる。藪層中のゴマシオ軽石（Gop）は約30万年前とされている。

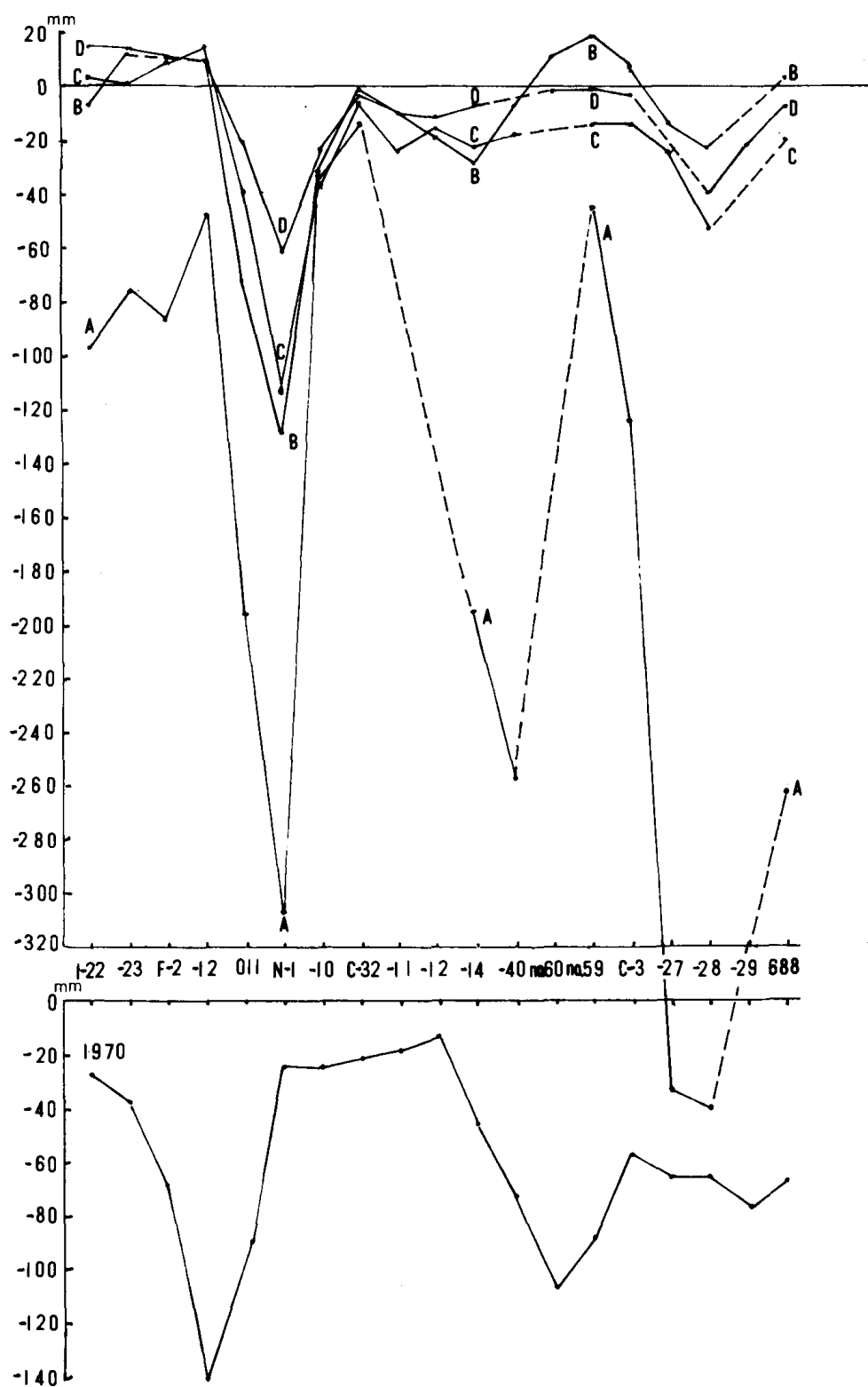
下総層群の地層の地盤は強く、N値は上位の木下層、上岩橋層でも30～50を示し、下位の砂層ではいずれも50以上の値を示している。

(5) 上総層群

下総台地においては下総層群の下に1000m以上の厚さをもつ上総層群が存在し、ガス井を掘削しこの層から天然ガス採取が行なわれていた。そのための天然ガスかん水の汲み上げが広範囲にわたって地盤沈下を起こし、現在は市川一船橋など葛南地域では採取の全面禁止、千葉地区では限られた採取しか行なっていない。

3. 水準測量結果による地盤変動

1963年からは毎年千葉県における水準測量結果が公表されている。この対象地域の中に、国道6号線、296号線、356号線沿いなどの国土地理院の水準点と、多数の千葉県精密水準点が設けられている。その測量の目的が地盤沈下の状況把握にあるので、水準点が当初は海岸地域に限られ、次第に北へ地域が拡大されてきた。



第3図 水準点における標高の変動
 A : 1971~1975年 B : 1976~1980年
 C : 1981~1985年 D : 1986~1990年

降水量などによる年毎のばらつきも見受けられるので、ここでは5年間毎の変動値で比較してみることにしたが、測量開始年度の違いにより、全域が同じようには表現できなかった。

(1) 東京湾沿い台地地域

第3図に市川市から千葉市にかけての、東京湾沿いの台地における水準測量結果による変動の状況を示した。この地域は葛南地区、千葉地区における地下水、天然ガスかん水の汲み上げの影響が強く、特に台地地域においては、上総層群からの天然ガス採取にともなうかん水の汲み上げ量の増大が大きな変動をもたらした。船橋ガス田で、1955年船橋ヘルスセンターで始まったガス井の開発は、1969年にピークに達し39井にもなり、その年の揚水量は船橋市、市川市、習志野市の合計で、最高の約1400万 m^3 にもなった。

この結果としての地盤沈下は大きく、海岸低地の状況は近藤（1991）で示されていたが、台地地域における、資料の揃っている1970年2月～1971年2月の変動量を第3図下段の1970の図で表した。これら測量地点のうち最高値であるF12地点は前年に242.5mmと測量開始以来の年間最高を記録した。

地盤沈下の対策として、千葉県は1970年6月に天然ガス採取の自主規制を企業等に要請し、7月11日公害研究所に地盤沈下研究室を設置し、1972年3月31日に揚水の全面停止で、船橋、市川地区の天然ガスの全坑井が廃坑となった。第3図Aは1971～1975年の変動量であるが、まだ天然ガス採取の影響が含まれている。

第3図Bは1976～1980年、Cは1981～1985年、Dは1986～1990年とそれぞれ5年間の変動量をしており、その沈下量は激減している。しかし、N1のように沈下の大きい地点は習志野市の都市ガス供給に天然ガスが使われているためであり、同じように沈下量が他に比べ多い地点は何らかの人為的原因と推定される。

(2) 鎌ヶ谷―四街道の台地地域

鎌ヶ谷から四街道に延びる分水嶺沿いの地域の変動量を第4図に示した。この地域では1972年以後に新設の水準点も多く、1971～1975年おの変動を表した折線Aでは欠けている地点があり、1976～1980年、1981～1986年の変動を示したB、Cの折線もC-66、C-63の設置の遅い水準点資料が入れてない。

この地域においても、天然ガス採取にともなうかん水の揚水が影響し、習志野市の坑井周辺地域が、地盤沈下の比較的大きい地域となっている。

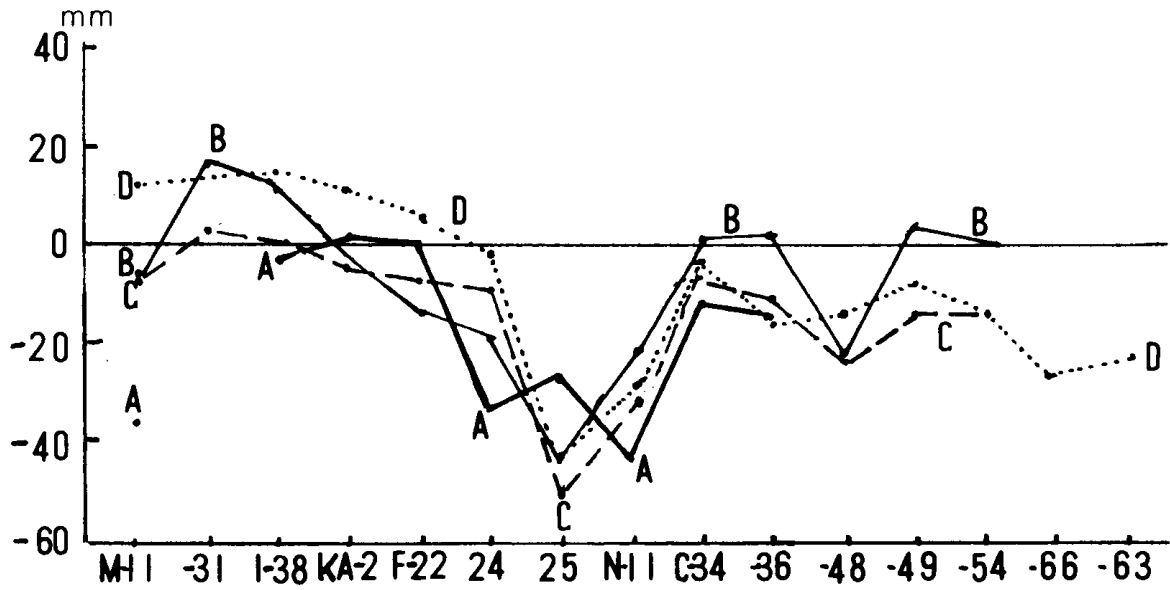
(3) 印旛沼沿いの台地地域

印旛沼に沿った南北の台地地域の変動の状況を第5図に示した。図のSは南側、Nは北側の台地上の水準点につき西から東へ並べて表した。5年間資料としては水準点設置の遅れによって南側は1976～1980、1981～1985、1986～1990年のAB、C、北側は1981年以後のB、Cとなっている。

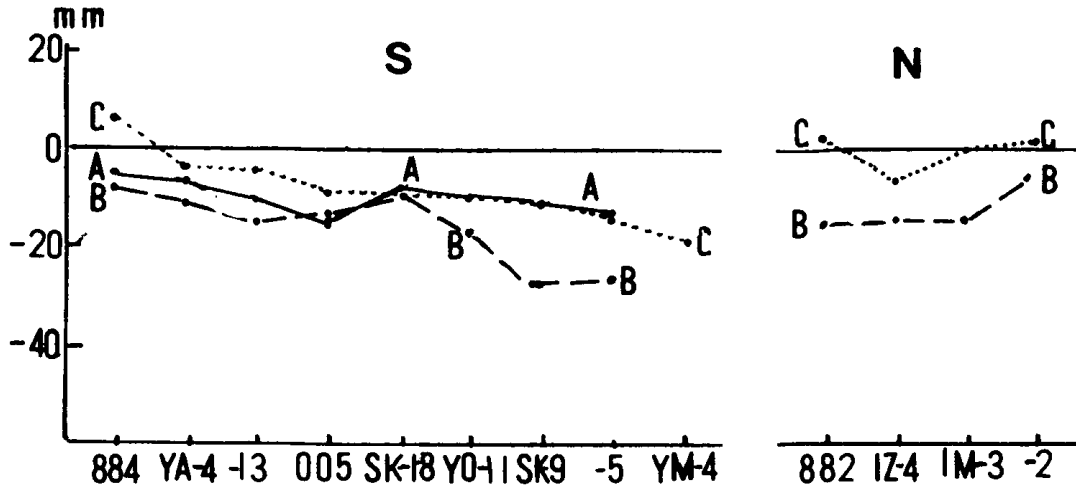
1976年以後になると地盤沈下の対策も進み、この地域においても変動量は小さくなり、特に1986年以後は沈下が年間2mm以下の地点が多くなっている。

(4) 手賀沼沿いの台地地域

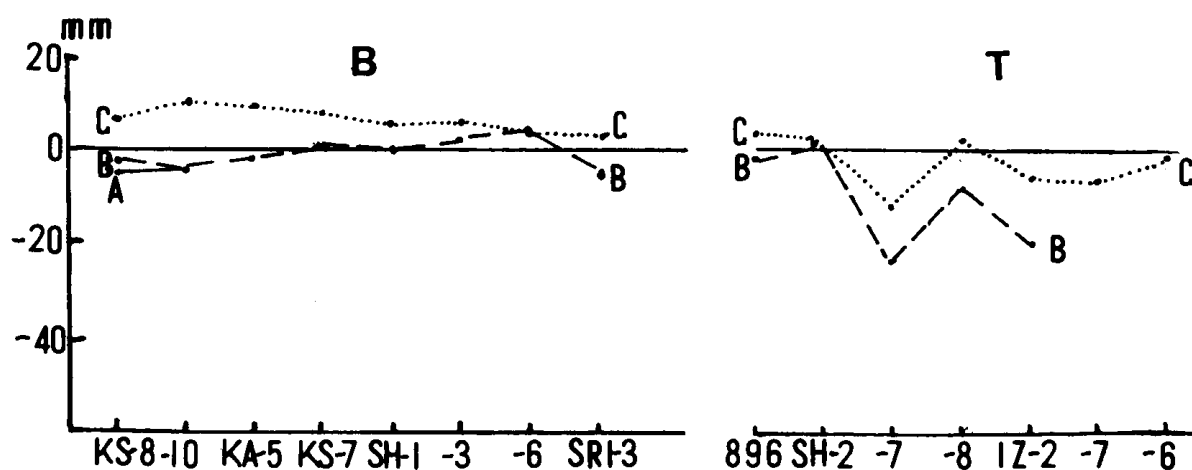
第6図に手賀沼に沿った台地上の水準点の変動状況を示した。Bは支流をなす谷で刻まれた台地上を、Tは手賀沼に直接面した台地上の地点をまとめて表した。この地域の水準点の設置は上記各地域よりさらに遅く、1981～1985年のB、1986～1990年のCだけとなっている。この地域もSH-7、IZ-2など沈下の大きい地点以外は変動量は小さく、Bでまとめた地域では隆起の傾向が認められた。



第4図 水準点における標高の変動
 A : 1971~1975年 B : 1976~1980年
 C : 1981~1985年 D : 1986~1990年



第5図 水準点における標高の変動
 A : 1976~1980年 B : 1981~1985年
 C : 1986~1990年



第6図 水準点における標高の変動
B : 1981~1985年 C : 1986~1990年

4. 地盤環境と地質構造の考察

(1) 地盤の性質と地盤沈下

台地地域の地表をおおう関東ローム層およびその下位にくる地層の地盤強度は、低地を構成する沖積層に比べはるかに強くなっている。これら台地を構成する地層は圧密沈下が少なく、地盤沈下が比較的少ないのが普通である。しかし、台地上でも天然ガス採取地域において、かん水の汲み上げにともなう地盤沈下は既述のように明確である。

この地域の水準測量結果でみられるように、自然的原因による地盤変動の地域による違いは、著しい人間活動による変動によって打ち消されているが、今後の測量の継続と地震観測などの資料集積が台地地域の特性の検討に役立つと考える。

(2) 地下水と地質構造

下総台地において表層から浸透し涵養された水が、粘土層など細粒の不透水層上に帯水し地下水層を形成している。この地域の地下水層は何層にも分かれ、特に100~250m付近の深層地下水は良質な水資源として活用されている。

上位よりとると、関東ローム層の下にくる常総層の粘土層を不透水層とした地下水があり、降水後一時的に帯水することより宙水といわれる。下総層群の砂層の続く部分でも相対的に細粒な層を不透水層として帯水し、20m, 50～60m, 80～90m 付近に帯水することが多く、浅層地下水とされ家庭用の水源として利用されている。

100～250m 付近の地下水は藪層、地蔵層など下総層群下部層中において、下総台地の東南地域の地表から涵養されて、東京湾に面した地下に広大な地下水盆を形成していると考えられている。

しかし、これら地下水も自然の需給のバランスが保たれて存在するのであって、過剰な揚水が地下水の枯渇をもたらし、さらに既述の水準測量結果に示したような地盤沈下を惹起することになる。

上総層群の最上部にくる笠森層は緻密で固結度が大きく、厚い地層となり、完全な不透水層となっている。したがって上総層群中では、天然ガスを溶存している化石海水が地層に含まれてくる。

(3) 地域の基盤構造

この地域の基盤は、関東構造盆地の構造にしたがい深いところは2000 m 以上あり、基盤岩は糸魚川静岡構造線の東側で、ほぼ東西の帯状構造をもち、下総台地の地下においては、北より領家帯、三波川帯の変成岩が知られている。また、地盤沈下観測井などの深部ボーリング資料から楡井ら（1977）は船橋から千葉に伸びる東京湾岸沿いの基盤を切る断層を報告し、嶋（1976, 1978, 1981）は人工地震観測結果から下総台地地下に北西—南東方向の2本の埋没基盤断層を推定している。さらに角田（1990）は「下総震動地塊について」の中で、手賀沼西から印旛沼西と北西—南東方向の埋没推定断層を引くなど、この地域が北西—南東方向の断層とそれを切る北東—南西方向の断層からなる地塊毎の変動が地震にともない表れているとした。

地塊の大きさは数～10km 程度と考えられていることから、下総台地が

基盤を切る地塊により区分され、地塊毎の変動の違いがあると推定される。これらの確証を把握するためにはボーリング資料の一層の集積と数多くの人工地震観測の実施などが強く望まれる。

〈参考文献〉

- 千葉県（1979,1980,1981,1983,1984）：房総半島総合開発計画土地分類基本調査 5 万分の 1 「野田」「千葉」「佐倉」「龍ヶ崎・佐原・潮来」
「東京東北部・東京東南部」
千葉県（1970－1973）：千葉県公害白書
千葉県（1974－1991）：千葉県環境白書
千葉県開発局（1969）京葉工業地帯の地盤
千葉県公害対策局（1963－1973）：千葉県水準測量成果表
千葉県公害対策局（1970）：葛南地域地盤沈下観測井調査報告書
千葉県環境部（1974－1991）：千葉県水準測量成果表
千葉県公害研究所（1973）：深層地盤沈下のメカニズム研究（船橋ガス田について）
千葉県公害研究所（1973－1977）：千葉県の地盤沈下
千葉県公害研究所（1978－1985）：千葉県の地盤沈下と地震
千葉県公害研究所（1980）：京葉コンビナート地区における常時微動について
地下資源・地盤災害研究資料 第 6 号
千葉県公害研究所（1996）：常時微動による環境地質区分図について（その 1．
京葉臨海地域） 地下資源・地盤災害研究資料 第14号
国土地理院（1953,1963）：水準測量結果
Seizo Kondo(1962): Studies on the Constituent Materials of the Kanto Ash
Beds. Jour. Coll. Arts and Sci. Chiba Univ. Vol.3, 553－568
近藤精造・高井憲治(1971)：下総台地洪積層の構成物質について（第 8 報）
千葉大教養研究報告 B－4,81－85
近藤精造(1972)：下総台地洪積層の構成物質について（第 9 報）
千葉大教養研究報告 B－5,9－17
近藤精造(1973) 地盤沈下と地質との関連 千葉大学環境科学研究報告 1 巻
259－264
近藤精造(1991)：千葉縣市川－千葉地域における地盤環境 敬愛大学研究論
集第40号 141－156
工藤周一・富田ゆきし(1989)：下総台地西部における成田層群中の粘土層
（Dc2層）について 関東の第四紀. 15,55～60.

- Miyabe. N(1952): Vertical Earth Movements in Japan as Deduced from the Results of rerunning the Precise Levels. Bull. Earthq. Res. Inst. 30, 127-146.
- 楡井 久ほか(1972)：船橋市地域の地下地質と地盤沈下観測井 千葉県公害研究所報告 第1巻 47-74
- 楡井 久ほか(1975)：船橋天然ガス田の水頭回復と地盤上昇について(1972年2月-4月) 千葉県公害研究所報告 第3巻 1-14
- 楡井 久ほか(1977)：東京湾とその周辺地域の地質・地下地質 地質調査所特殊地域図(20)・10万分の1地質説明書
- 楡井 久(1979)：人間による大地の運動 -南関東にみられる例- 第四紀研究17,287-298
- 大原 隆(1967)：印旛郡印旛村瀬戸の成田層の貝化石と構成物質 千葉大臨海研報告.No.9, 50-62
- 嶋 悦三ほか(1976,1977,1981)：東京の基盤構造 東京の基盤構造その3. 東京の基盤構造その5. 東京大地震研 報51,1-11.53,305-318.56, 265-276.
- 杉原重夫(1970)：下総台地西部における地形の発達 地理評. 43.703-718
- 杉原重夫・新井房夫・町田 洋(1978)：房総半島北部の中・上部更新統のテフロクロノロジー 地質雑. 84.583-600
- 角田史雄(1990)：下総震動地塊について 地質学論集 第35号 63-73